

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

### CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

#### TITULO:

**“Evaluación de defoliantes químicos en el cultivo de manzana (*Malus domestica*  
Borkh.) cv. Anna en la granja El Romeral”**

Tesis previa a la obtención del  
título de Ingeniero Agrónomo

#### AUTOR:

Jhonson Patricio Chillo Heras

CI: 0106162431

#### DIRECTOR:

Ing. Segundo Moises Maita Supliguicha, PhD.

CI: 0102297553

**CUENCA-ECUADOR**

**26/02/2019**

## RESUMEN

El manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna, es un frutal de gran importancia en el Ecuador. Uno de los problemas que enfrentan los productores, es la falta de adaptación de este cultivar, presentándose dificultades en la defoliación, debido a que, en condiciones naturales de la zona, resulta desuniforme e incompleta, provocando una irregular brotación de yemas, floración y fructificación. El objetivo principal fue evaluar el efecto de defoliantes químicos en el cultivo de manzano cv. Anna. La investigación se llevó a cabo en la granja El Romeral de la Universidad de Cuenca. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 19 tratamientos y 3 repeticiones, las variables evaluadas fueron: porcentaje de hojas caídas, porcentaje de yemas brotadas y porcentaje de frutos cuajados. Las plantas tratadas con quelato de cobre (0,5%, 1% y 1,5%) presentaron los mejores resultados en defoliación (>95%), en el control fue de 3,58%, esto durante los primeros 15 días de evaluación. En el porcentaje de yemas brotadas en los 30 días de evaluación, las plantas tratadas con Dormex al 1% y al 1,5% se destacaron entre los tratamientos, con 18,33% y 16,33% respectivamente, en el control fue de 5,67%. Las plantas con Dormex al 1,5% y al 1% sobresalieron en cuanto al porcentaje de frutos cuajados con 17% y 15,67% respectivamente, en el control fue de 6,67 %, en los 60 días de evaluación. La investigación indicó que la aplicación de defoliantes, acelera el tiempo de defoliación, mejora la brotación de yemas y el cuajado de frutos.

**PALABRAS CLAVES:** DEFOLIACIÓN, BROtación, DORMANCIA, HORAS FRÍO.



## ABSTRACT

The apple tree (*Malus domestica* Borkh.) Cv. Anna, is a fruit tree of great importance in Ecuador. One of the problems faced by producers, is the lack of adaptation of this cultivar, presenting difficulties in defoliation, because, in natural conditions of the zone, it is uneven and incomplete, causing an irregular sprouting of buds, flowering and fruiting. The main objective was to evaluate the effect of chemical defoliant in the cultivation of apple trees cv. Anna. The research was carried out at the El Romeral farm of the University of Cuenca. A randomized complete block design with 19 treatments and 3 repetitions was used, the evaluated variables were: percentage of fallen leaves, percentage of buds budded and percentage of fruits set. The plants treated with copper chelate (0.5%, 1% and 1.5%) showed the best results in defoliation (>95%), in the control was 3.58%, this during the first 15 days of evaluation. In the percentage of buds sprouted in the 30 days of evaluation, the plants treated with Dormex at 1% and 1.5% stood out among the treatments, with 18.33% and 16.33% respectively, in the control was of 5.67%. The plants with 1.5% and 1% Dormex excelled in the percentage of fruit set with 17% and 15.67% respectively, in the control it was 6.67%, in the 60 days of evaluation. The investigation indicated that the application of defoliant, accelerates the defoliation time, improves bud sprouting and fruit set.

**KEY WORDS:** DEFOLIATION, SPROUTING, DORMANCY, COLD HOURS.



## INDICE DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                    | <b>15</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                      | <b>17</b> |
| 2.1.    Objetivo general.....                  | 17        |
| 2.2.    Objetivos específicos .....            | 17        |
| <b>3. HIPOTESIS .....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>         | <b>17</b> |
| 4.1.    Origen y Distribución .....            | 17        |
| 4.2.    El árbol del Manzano .....             | 18        |
| 4.2.1    Yemas.....                            | 18        |
| 4.2.2    Las hojas.....                        | 18        |
| 4.2.2.1    Estructura interna de la hoja ..... | 18        |
| 4.2.2.2    Funciones de las hojas .....        | 20        |
| 4.2.3    Las flores .....                      | 20        |
| 4.2.4    Fruto .....                           | 20        |
| 4.3.    Floración del manzano .....            | 21        |
| 4.4.    Cuajado de frutos .....                | 21        |
| 4.5.    Defoliación.....                       | 22        |
| 4.6.    Condiciones ambientales .....          | 22        |
| 4.7.    Variedades.....                        | 23        |
| 4.7.1    Cultivar Anna .....                   | 23        |



|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.9.      | Dormancia.....   | 24        |
| 4.10.     | Síntomas de la deficiencia de frío .....   | 25        |
| 4.11.     | Horas frío .....   | 25        |
| 4.12.     | Escala de Fleckinger .....   | 26        |
| 4.13.     | Productos que inducen la defoliación .....   | 29        |
| 4.13.1    | Sulfato de Cobre (CuSO <sub>4</sub> ).....   | 29        |
| 4.13.2    | Cianamida Hidrogenada (Dormex) .....   | 29        |
| 4.13.3    | Quelato de cobre CuEDTA.....   | 29        |
| 4.13.4    | Urea .....   | 30        |
| 4.13.5    | Ethephon.....  | 30        |
| 4.13.6    | Microblend plus.....   | 30        |
| <b>5.</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>   | <b>31</b> |
| 5.1.      | Área de estudio .....  | 31        |
| 5.2.      | Metodología para la investigación .....  | 31        |
| 5.2.1     | Identificación del estado fenológico de las yemas en los árboles de manzano<br>cv. Anna .....          | 31        |
| 5.2.2     | Aplicación de los defoliantes .....  | 32        |
| 5.2.3     | Metodología para identificar el producto y la concentración más efectiva en<br>la caída de hojas ..... | 33        |
| 5.2.4     | Metodología para determinar los costos de aplicación de los defoliantes .....                          | 33        |
| 5.3.      | Diseño experimental y análisis estadístico .....   | 33        |
| <b>6.</b> | <b>RESULTADOS.....</b>   | <b>36</b> |



|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 6.1.  | Porcentaje de hojas caídas .....  | 36        |
| 6.1.1 | Porcentaje de hojas caídas a los 15 días luego de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna..... | 36        |
| 6.1.2 | Porcentaje de hojas caídas a los 30 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna .....      | 37        |
| 6.1.3 | Porcentaje de hojas caídas a los 45 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna .....      | 38        |
| 6.1.4 | Porcentaje de hojas caídas a los 60 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna .....      | 39        |
| 6.2.  | Porcentaje de yemas brotadas .....  | 40        |
| 6.2.1 | Porcentaje de yemas brotadas a los 30 días de la aplicación de los defoliantes .....  | 40        |
| 6.2.2 | Porcentaje de yemas brotadas a los 45 días de la aplicación de los defoliantes .....  | 41        |
| 6.2.3 | Porcentaje de yemas brotadas a los 60 días de la aplicación de los defoliantes .....  | 42        |
| 6.3.  | Porcentaje de frutos cuajados.....  | 43        |
| 6.3.1 | Porcentaje de frutos cuajados a los 60 días de la aplicación de los defoliantes .....   | 43        |
| 6.3.2 | Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días de la aplicación de los defoliantes .....   | 44        |
| 6.4.  | Costos de aplicación de los defoliantes .....   | 46        |
| 7.    | <b>DISCUSIÓN.....</b>   | <b>47</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b> | <b>50</b> |
| <b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>     | <b>51</b> |
| <b>10. ANEXOS .....</b>                        | <b>56</b> |



## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Estructura interna de la hoja .....   | 19 |
| <b>Figura 2.</b> Estados fenológicos, evolución de las yemas fructíferas en manzano. ....  | 28 |
| <b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio en el Cantón Guachapala. ....   | 31 |
| <b>Figura 4.</b> Estados fenológicos de las yemas fructíferas en manzano. ....   | 32 |
| <b>Figura 5.</b> Porcentaje de hojas caídas a los 15 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna . ....         | 37 |
| <b>Figura 6.</b> Porcentaje de hojas caídas a los 30 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna . ....         | 38 |
| <b>Figura 7.</b> Porcentaje de hojas caídas a los 45 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna. ....          | 39 |
| <b>Figura 8.</b> Porcentaje de hojas caídas a los 60 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna. ....          | 40 |
| <b>Figura 9.</b> Porcentaje de yemas brotadas a los 30 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna. ....        | 41 |
| <b>Figura 10.</b> Porcentaje de yemas brotadas a los 45 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna. ....       | 42 |
| <b>Figura 11.</b> Porcentaje de yemas brotadas a los 60 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna. ....       | 43 |
| <b>Figura 12.</b> Porcentaje de frutos cuajados a los 60 y 90 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh) cv. Anna ..... | 45 |





## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Eficacia del intervalo de temperatura en la ruptura de la dormancia, según el modelo Utah..... | 26 |
| <b>Tabla 2.</b> Esquema del ADEVA .....  | 34 |
| <b>Tabla 3.</b> Listado de tratamientos .....  | 35 |
| <b>Tabla 4.</b> Requerimiento y costos de aplicación de los defoliantes.....                                   | 46 |



## INDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1.</b> Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de hojas caídas en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....  | 56 |
| <b>Anexo 2.</b> Prueba de levene para la variable porcentaje de hojas caídas (15, 30, 45 y 60 días) en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....                         | 56 |
| <b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 15 días en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....                              | 57 |
| <b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 30 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. .... | 57 |
| <b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 45 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. .... | 58 |
| <b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 60 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. .... | 58 |
| <b>Anexo 7.</b> Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de yemas brotadas en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....  | 59 |
| <b>Anexo 8.</b> Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....                                       | 60 |
| <b>Anexo 9.</b> Prueba de levene para la variable porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de manzana ( <i>Malus domestica</i> Borkh.) cv. Anna. ....   | 60 |
| <b>Anexo 10.</b> Fotos que detallan el trabajo de campo .....  | 61 |



## **ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA**

HF: Horas frío

CuEDTA: Quelato de cobre

cv: cultivar

ATP: Adenosín trifosfato



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Jhonson Patricio Chillo Heras, autor del trabajo de titulación “Evaluación de defoliantes químicos en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna en la granja El Romeral”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 26 de febrero del 2019

Jhonson Patricio Chillo Heras

C.I: 0106162431

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Yo Jhonson Patricio Chillo Heras en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Evaluación de defoliantes químicos en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna en la granja El Romeral**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de febrero del 2019



Jhonson Patricio Chillo Heras

C.I: 0106162431



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios por iluminar mi vida y por haberme permitido terminar una etapa muy importante.

A mis padres Marco y Marina, por haber sido el pilar fundamental durante todo el proceso académico.

A mis hermanos por su apoyo incondicional

A la Universidad de Cuenca por la formación académica brindada durante los años de carrera profesional.

A mi director de tesis Ing. Segundo Maita, PhD., por dedicar su tiempo y aportar con sus conocimientos durante la ejecución de este trabajo.

A todos los docentes por su amistad y que inculcaron sus conocimientos y valores para mi formación profesional.

A todos mis amigos y compañeros que estuvieron presentes durante todo el tiempo de vida universitaria, compartiendo experiencias y ocurrencias.

*Jhonson Chillo.*



## **DEDICATORIA**

A mis padres Marco y Marina, por su apoyo incondicional en todo el proceso académico, convirtiéndose en el pilar fundamental para mi vida.

A mis hermanos, por el apoyo absoluto y la compañía brindada durante esta etapa profesional.

*Jhonson Chillo.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El manzano es un cultivo de gran importancia, ocupa el tercer lugar en el mundo, después del banano y la uva (FAO, 2012). Para el año 2013, la producción mundial fue de 80.822,521 t. China es el principal productor con 39.684,118 t/año que representa el 49% de la producción total (FAOSTAT, 2013).

En el Ecuador es un cultivo de gran interés, debido a su gran demanda en el mercado nacional. Uno de los mayores problemas que enfrentan los productores son los bajos rendimientos en la producción, debido al manejo inadecuado del cultivo (ProChile, 2011).

Generalmente el manzano a nivel mundial se cultiva en zonas templadas con cuatro estaciones y está adaptado para sobrevivir a condiciones de bajas temperaturas que se presentan durante el frío invernal (IICA-PROCIANDINO, 1996). Durante este periodo, la planta pierde sus hojas y entra en un estado de reposo; una vez que se cumple los requerimientos de horas de frío (HF) (temperaturas menores a 7°C) y las condiciones son favorables para el crecimiento, la planta se reactiva y empieza su nuevo ciclo de producción (Baraona y Sancho 1992).

Los manzanos cultivados en zonas tropicales y subtropicales muestran una defoliación tardía (Fischer, Gerhard, 2013). Posteriormente el árbol entra en estado de endo-dormancia (inactividad o descanso de las yemas) que resulta ser prolongada, esto conduce a una retardada e irregular brotación de yemas y fructificación, debido a la falta de acumulación de HF, necesarias para salir del reposo invernal (Mohamed, 2008).

Una de las posibles soluciones es utilizar cultivares de bajo requerimiento de frío, como el cultivar Anna (Ashebir *et al.*, 2010). Sin embargo, las condiciones ambientales de las zonas tropicales y subtropicales, en donde se cultiva Anna, no son suficientes para que la planta pueda salir del reposo, debido a que en algunas regiones (zonas ubicadas entre el trópico de Cáncer y 30°C al norte de Ecuador), la temperatura de la noche cae notablemente, aumenta considerablemente durante el día, ocasionando pérdidas de las horas de frío que los árboles





adquirieron durante la noche, por lo tanto el potencial genético de producción se ve afectado (Mohamed, 2008).

En el país, los huertos con variedades de manzano para fines comerciales están ubicados entre los 2200- 2500 m s.n.m. en los valles subtropicales de la Sierra Ecuatoriana, en donde las condiciones de frío no son suficientes para que la planta se pueda defoliar en su totalidad, produciéndose una defoliación dispareja y por consiguiente una baja brotación de yemas, afectando a la floración y fructificación, por lo que es necesario hacer una intervención técnica para inducir la caída de hojas (INIAP, 1995).

La extracción manual de hojas es una práctica común pero costosa, una solución es utilizar defoliantes químicos (Larsen y Higgins, 1999).

Es por ello que en el presente estudio, se plantea evaluar y seleccionar defoliantes, que ayuden a uniformizar y acelerar el proceso de defoliación, porque actualmente, no se tiene información suficiente sobre el uso de defoliantes para la zona.

Según Tromp (2005) citado por Ashebir *et al.* (2010), la defoliación después de la cosecha, evita que los brotes entren en endo-dormancia, una vez de que el crecimiento se haya detenido y en su lugar, los estimula a regenerarse.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de defoliantes químicos en el cultivo del manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna

### 2.2. Objetivos específicos

Identificar el producto y la concentración más efectiva para inducir la caída de hojas

Evaluar el porcentaje de yemas brotadas y cuajado de frutos en base a los productos aplicados.

Determinar los costos de aplicación en función de los tratamientos utilizados.

## 3. HIPOTESIS

H0: La aplicación de productos defoliantes a diferentes concentraciones no causa defoliación en el cultivo manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

Hi: Al menos 1 producto defoliante y una concentración causan defoliación significativa en el cultivo manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Origen y Distribución

El origen del manzano aun genera controversia. Según Tamaro (1987) es originario de las zonas templadas de Europa, de las montañas del Cáucaso y del Asia Central, se encuentra en estado silvestre y cultivado desde la prehistoria.

Se considera como una especie obtenida mediante aportaciones de otras especies silvestres del género *Malus* (Domínguez, 2008). Por lo tanto, el manzano cultivado es de origen híbrido y de ahí su denominación de *Malus x doméstica*, Borkh (Westwood, 1982).

Los manzanos se adaptan a un amplio rango de condiciones climáticas, suelos diversos y sistemas de cultivo. Las plantaciones se encuentran en varias regiones de Asia y otros continentes. En Europa, desde los países escandinavos en el norte, hasta Italia en el Sur; en Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda; en Estados Unidos y Canadá; y en países de América del Sur (FAO, 2012).

## 4.2. El árbol del Manzano

El manzano pertenece a la familia de las Rosáceas, género *Malus*, especie *Malus x domestica* Borkh (Coque *et al.*, 2012). Es un árbol caducifolio que alcanza una altura entre 1,5 y 7 m (dependiendo del portainjerto) y un ancho de base de 1 a 4,5 m (Jackson y Palmer 1999).

La copa del árbol es globosa y el tronco bastante recto, con la corteza escamosa cubierta de lenticelas, presenta un sistema radicular extendido y relativamente profundo (Coque *et al.*, 2012).

### 4.2.1 Yemas

Las yemas se forman en la axila de las hojas, extremo y base de los brotes, pueden ser de flor o de madera; las primeras son gruesas y globosas, originan flores y las de madera o vegetativas, más pequeñas, son cónicas, puntiagudas y dan lugar a los brotes (Coque *et al.*, 2012).

### 4.2.2 Las hojas

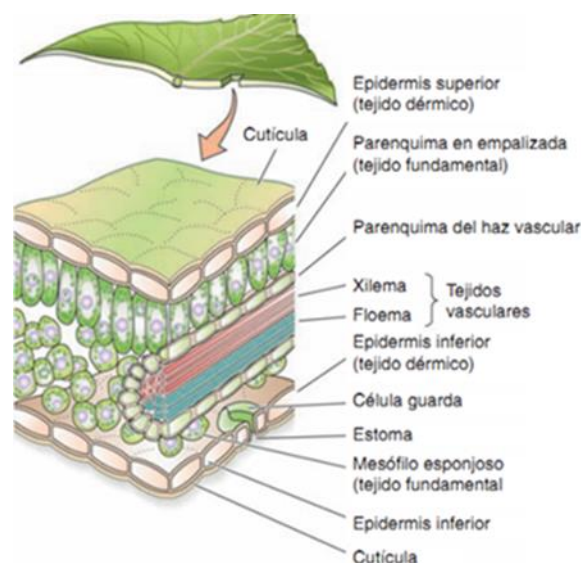
Las hojas salen en los brotes; son ovaladas, elípticas, lanceoladas, oblongas, lobuladas o aserradas de color verde claro en el envés y cubierto de pelos (Domínguez, 2008).

#### 4.2.2.1 Estructura interna de la hoja

Las hojas intervienen en numerosos procesos fisiológicos de la planta (fotosíntesis, respiración, transpiración, etc.) (Taiz y Zeiger, 2002). Además, tienen la capacidad de asimilar elementos nutritivos, fitorreguladores y fitosanitarios (Coque *et al.*, 2012).

Generalmente la mayoría de las hojas presentan en su estructura una organización de tejidos similar, el limbo está constituido por un parénquima interno (mesófilo) recubierto por la epidermis (Urbina, 2001).

El haz presenta debajo de la epidermis un parénquima en empalizada, con gran capacidad fotosintética. El envés contiene un parénquima esponjoso y las estomas que asoman por la epidermis inferior. Las estomas se encuentran principalmente en el envés en una relación de cinco a uno o menor. En la estructura interna también se localizan los haces conductores que forman las nervaduras, los cuales están constituidos por una vena central con la xilema en la parte superior y el floema en la inferior. Finalmente, en la epidermis se encuentra la cutícula, formada por una capa de cutina cuya función es de aislamiento y protección (Urbina, 2001).



**Figura 1.** Estructura interna de la hoja

**Fuente:** Taiz y Zeiger (2002)

#### 4.2.2.2 Funciones de las hojas

Las funciones más importantes de las hojas son:

*Fotosíntesis.* Es el proceso físico-químico que realizan las plantas para la producción de glucosa a partir de energía solar, el agua y el dióxido de carbono; este proceso es fundamental para la supervivencia y crecimiento vegetal (Gliessman, 2002).

El mesófilo de las hojas es el tejido más activo de las plantas, las células mesofílicas tienen muchos cloroplastos, los mismos que contienen pigmentos verdes especializados para absorber la luz (las clorofilas) (Taiz y Zeiger, 2002).

*Respiración.* Proceso mediante el cual se produce una serie de reacciones enzimáticas en las cuales se utiliza el oxígeno y se libera el dióxido de carbono, se transfiere la energía de la molécula de glucosa y otras moléculas a la del ATP (Adenosín trifosfato) y otras formas de energía útil (Cornejo *et al.*, 2006).

*Transpiración.* Es el sistema termorregulador de la planta, consiste en la liberación de agua generalmente por los estomas de las hojas cuando existe temperatura excesiva. Cuando la temperatura llega a un cierto punto y para evitar perder agua en exceso, la planta cierra sus estomas, reduciéndose los niveles de fotosíntesis (Coque *et al.*, 2012).

#### 4.2.3 Las flores

La flor es de color blanco a rosa o carmín, se organizan en inflorescencias y es hermafrodita (Tamaro 1987). Según Luby, (2003) citado por Cárdenas y Fischer (2013), el hipanto y el gineceo permanecen fusionados para formar un ovario ínfero el cual se desarrolla en un fruto carnoso.

#### 4.2.4 Fruto

El fruto es un pomo, carnoso de forma más o menos redondeada, su zona central está dividida en cinco partes, una por carpelo. En esta zona central, se encuentran las semillas (Domínguez, 2008).

#### 4.3. Floración del manzano

Los hábitos de floración del manzano están determinados por dos tipos de brotes, vegetativos y mixtos (Eccher *et al.*, 2014).

Una vez concluida la inducción floral (evolución de una yema vegetativa a floral), se empiezan a formar todos los órganos de la flor, proceso conocido como diferenciación floral.

La duración del periodo de floración depende de la variedad y las condiciones ambientales. Cuando concluye la floración comienzan a caer las flores no fecundadas y se produce el cuajado de frutos (Urbina, 2001).

Los factores principales que afectan el desarrollo floral son: edad del árbol, posición del árbol, temperatura, hidratos de carbono, nitrógeno y otros elementos nutritivos, reguladores de crecimiento y el frío invernal (Westwood, 1982).

Haciendo referencia al frío invernal, según Webster (2005) citado por Ashebir *et al.* (2010), la falta de acumulación de horas de frío, es uno de los principales problemas en las áreas tropicales y subtropicales en donde se cultiva el manzano. Los inviernos cálidos dan lugar a una latencia prolongada que conduce a una floración pobre y, en consecuencia, bajos rendimientos.

#### 4.4. Cuajado de frutos

Durante la polinización, el grano de polen pasa hacia el estigma, en donde germina, emite el tubo polínico que desciende por el estilo, entra en el ovario y llega hasta el óvulo al que fecunda y es cuando la flor se convierte en fruto (Agustí *et al.*, 2003).

Por lo general el cuajado y el desarrollo de los frutos están determinados por factores endógenos y exógenos. Dentro de los primeros, están las características genéticas de la especie y de la variedad, los factores fisiológicos, en particular los nutricionales y hormonales los controladores de este proceso; entre los segundos, las condiciones del medio y el cultivo (Borgues *et al.*, 2009).

Durante la fase de cuajado ocurre una caída natural de flores y de frutos recién formados; ésta caída ocurre a las dos semanas, aproximadamente, después de la floración y se extiende, en general, de 15 a 30 días. En manzano pueden caer del 90 al 95% de sus flores y frutos recién cuajados (Urbina, 2002).

#### **4.5. Defoliación**

En las especies caducifolias se produce la caída natural de las hojas, cuando la planta entra en reposo invernal. Esta caída está influenciada por el descenso de las temperaturas y por el acortamiento de la longitud del día (Urbina, 2001).

El envejecimiento de las hojas se desarrolla desde la base hasta el ápice. La caída está anticipada de una pérdida de clorofila. Generalmente, la caída se produce por la formación de una capa de abscisión en la base del peciolo. Esta zona de abscisión difiere de las partes adyacentes del peciolo en que presenta menos tejidos de sostén (Urbina, 2001).

Los árboles de manzano cultivados en zonas con poca variación de temperatura (ausencia de bajas temperaturas) no pierden su follaje maduro (tipo 2) o lo hacen con dificultad (tipo 1) reteniendo por un periodo prolongado. Se conoce que la no caída de las hojas intensifica la endo-dormancia de las yemas causando una mala e irregular brotación (IICA-PROCIANDINO, 1996).

Después de la cosecha, a los 40 a 60 días el árbol se defolia de forma manual o químicamente (INIAP, 1995). Se puede usar productos defoliantes concentrados, como: urea, sulfato de cobre, cianamida hidrogenada (Casierra *et al.*, 2008).

#### **4.6. Condiciones ambientales**

La actividad fisiológica de los frutales caducifolios está relacionada íntimamente con las condiciones del clima donde crecen; es por ello que, en base a las características fisiológicas y exigencias especiales de clima, en el mundo han existido algunas denominaciones, como: variedades de mediano y alto requerimiento de frío (Sarmiento y Naranjo, 1995).

Generalmente el manzano se cultiva en las zonas templadas del mundo, entre las latitudes 20° a 30° N y S, que se caracterizan por tener cuatro estaciones al año y que al finalizar la cosecha por las bajas temperaturas los árboles pierden su follaje (EMPASC, 1986).

El Ecuador no posee cuatro estaciones al año, sin embargo en la región interandina alta, se presentan bajas temperaturas en ciertas épocas del año, debido a una influencia climática en el hemisferio sur, ocasionando que los árboles tengan un comportamiento similar de áreas templadas (INIAP, 1995).

#### **4.7. Variedades**

Generalmente el cultivo de manzano es conocido por su alto requerimiento de horas frío ( $\leq 7,22$  °C). Sin embargo, existen cultivares de alto, mediano y bajo requerimiento de frío, cuyas oscilaciones de requerimientos van desde las 200 a las 1400 horas de frío (Samson, 1991).

En la actualidad y gracias al mejoramiento genético, se dispone de cultivares con bajos requerimientos de frío con frutos de buena calidad (Fischer, 2012).

##### **4.7.1 Cultivar Anna**

El cultivar “Anna” fue obtenido en 1967 en Israel a partir de un cruce entre las variedades “Red Delicious” y “Hashab” (Sherman *et al.*, 1971). Este cultivar se ha extendido ampliamente por las zonas subtropicales del mundo, la fruta es dulce, ligeramente agria y de textura crujiente, de forma cónica-redonda a cónica-alarga, desuniformes, con fondo amarillo y coloración rojo-rosada (Alayón y Rodríguez, 2010).

Es un cultivar de gran interés, presenta bajo requerimiento de horas frío con 300 horas frío y 5.731 unidades acumuladas de calor (Casierra *et al.*, 2008).

Faust *et al.* (1995) citado por El-Agamy *et al.* (2001), informaron que se requieren 250 unidades de frío (a 4°C) para obtener casi el 100% de brotación de yemas terminales en manzana cv. Anna.



El problema de “Anna” cuando se planta en regiones de climas cálidos, es una reducción del número de brotes vegetativos y florales, debido a la falta de acumulación de horas frío necesarios para la ruptura de la dormancia (Mohamed, 2008).

“Anna” necesita polinizadores, “Ein Shemer” y “Dorsett Golden” son los polinizadores compatibles (Botero y Morales, 2000).

#### **4.8. Fenómeno de Reposo y Requerimiento de Frío**

Según Fischer (1992) citado por Sarmiento y Naranjo (1995), los frutales caducifolios necesitan una fase de dormancia o reposo para resistir las temperaturas bajas durante el invierno en las zonas templadas. Para salir del reposo y obtener uniformidad de brotes, los caducifolios requieren una determinada época fría atribuida genéticamente.

#### **4.9. Dormancia**

La dormancia o reposo es la suspensión temporal visible del crecimiento de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo (Lang *et al.*, 1987).

Lang (1987) propuso los términos ecodormancia, paradormancia y endodormancia para describir tres tipos de dormancia (Citado en Dennis, 1994).

La “paradormancia” está controlada por órganos fuera del brote (control dentro de la planta pero fuera de la estructura) (Dennis, 1994).

La “ecodormancia” es la etapa en que la yema se inactiva por condiciones externas (desfavorable) ya sea ambientales o de manejo (IICA-PROCIANDINO, 1996).

La “endodormancia” es una etapa de máxima inactividad visual de las yemas regulada por factores internos del tejido y se pueden terminar cuando hay una exposición continua de bajas temperaturas (IICA-PROCIANDINO, 1996). La causa inicial de la endodormancia proviene del medio ambiente en forma de alteraciones en el fotoperiodo y el período térmico (Paivi y Schoot, 2008).



Se requiere la exposición de brotes u órganos a temperaturas frías (por debajo de 7.2 ° C) para inducir la brotación (Hilhorst y Koornneef, 2007).

#### **4.10. Síntomas de la deficiencia de frío**

Sarmiento y Naranjo (1995), mencionan que los principales síntomas ante la falta de frío son:

- Defoliación poca y tardía
- Las ramas laterales no se forman en su totalidad
- La floración se retrasa y es desuniforme
- Formación de frutos deficientes
- Reducción del crecimiento vegetativo y senescencia temprana de los árboles

#### **4.11. Horas frío**

Los requerimientos de bajas temperaturas que presentan las plantas, sobre todo caducifolios, se miden en términos de HF. El término “horas de frío” se refiere a las horas transcurridas a temperaturas inferiores a 7°C. Esto se correlaciona a su vez con la cantidad de frío requerida para la ruptura de la dormición y el posterior crecimiento normal del árbol frutal (Flores, 2006).

Según Espada (2010), para salir del reposo, la planta requiere acumular frío y para el cálculo se emplean diversas fórmulas, la más utilizada es el Modelo Utah, en donde cada hora acumulada bajo dicho umbral equivale a una Unidad de Frío.

**Tabla 1.** Eficacia del intervalo de temperatura en la ruptura de la dormancia, según el modelo Utah.

| Temperatura (°C) | Unidades de frío correspondientes a 1 hora transcurridas a un cierto rango térmico |
|------------------|--|
| <1,4             | 0  |
| 1,5 - 2,4        | 0,5  |
| 2,5 – 9,1        | 1  |
| 9,2 – 12,4       | 0,5  |
| 12,5 – 15,9      | 0  |
| 16,0 – 18        | -0,5   |
| >18              | -1   |

**Fuente:** Richarson *et al.* (1974).

#### 4.12. Escala de Fleckinger

Generalmente la escala de Fleckinger se utiliza para medir el estado fenológico de las yemas fructíferas en frutales de pepita. El proceso en desarrollo de las yemas se describe mediante una serie de estadios fenológicos, a los que se les asigna una escala numérica (Urbina, 2001)

Según el mismo autor la descripción de los estados es el siguiente:

A: Yema de invierno o en reposo.

B: Yema comenzando a hincharse. Es la primera manifestación del crecimiento de la yema.

La longitud de la yema es unas 3 o 4 veces mayor que el diámetro de su base.

C: Yema hinchada. El diámetro de la yema es unas 2,5 veces mayor que el diámetro de su base.

D: Aparición de los botones florales. Al separarse las escamas se ven los sépalos de los botones entre las hojas jóvenes, que se encuentran más o menos desarrolladas según las variedades.

E: Los sépalos al separarse ligeramente dejan ver los pétalos. Se define también un estado más avanzado E2.



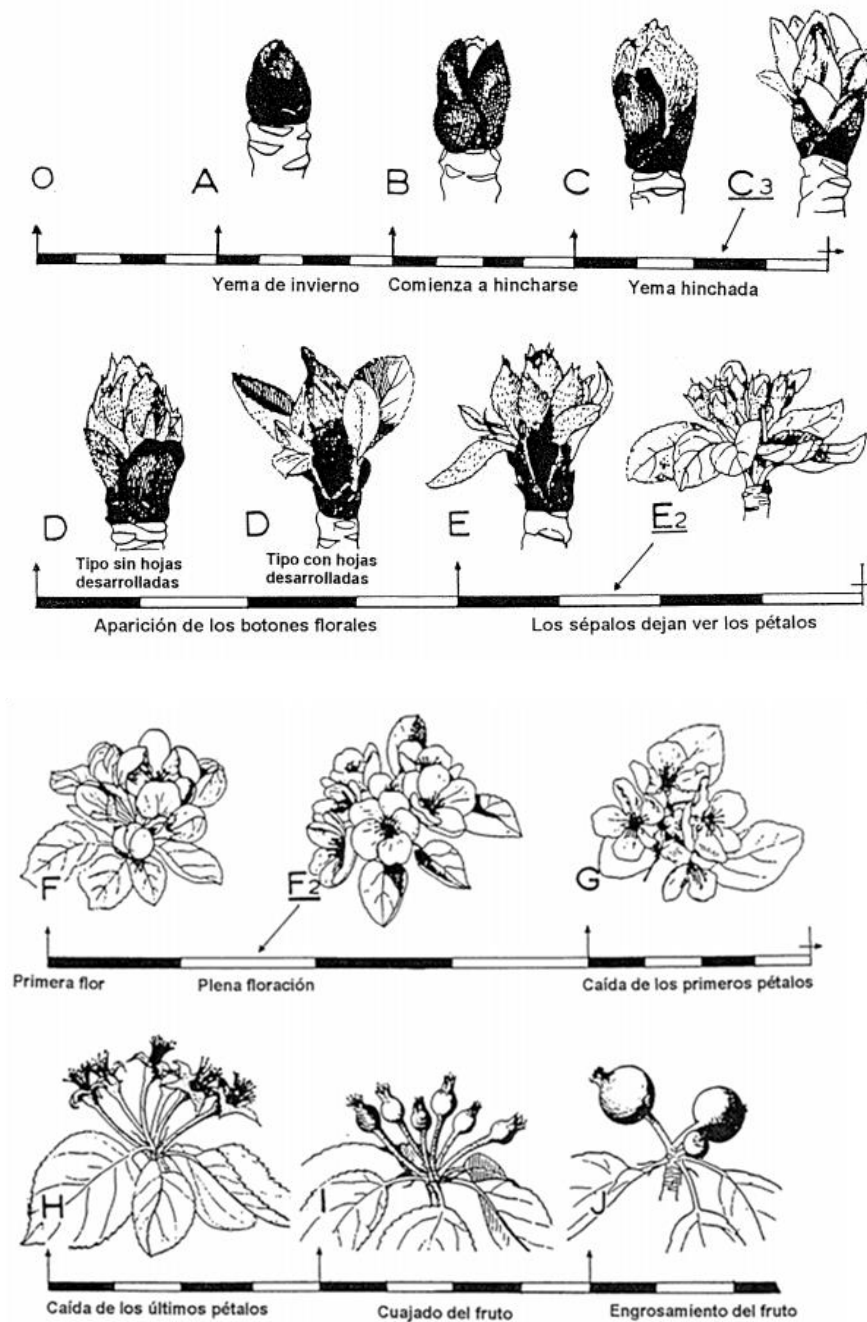
F: Apertura de la primera flor de la inflorescencia. Se define también un estado más avanzado F2, o plena floración, en el caso de que la mayor parte de las flores estén abiertas.

G: Caída de los primeros pétalos.

H: Caída de los últimos pétalos.

I: Cuajado del fruto. El diámetro de los pequeños frutos es aproximadamente 2,5 veces el que tenía el receptáculo de las flores en F2. Corresponde al cuajado inicial de los frutos.

J: Engrosamiento o crecimiento del fruto. El diámetro de los frutos es unas 5 veces el diámetro del receptáculo de las flores.



**Figura 2.** Estados fenológicos, evolución de las yemas fructíferas en manzano.

**Fuente:** Urbina (2001)

#### 4.13. Productos que inducen la defoliación

Según literatura revisada, existen algunos productos químicos que inducen la defoliación en ciertos frutales caducifolios.

Según Bi *et al.* (2005), algunos defoliantes causan daños físicos a la corteza o las yemas provocando la muerte de los brotes y brotación tardía.

A continuación, se menciona algunos productos utilizados como defoliantes:

##### 4.13.1 Sulfato de Cobre (CuSO<sub>4</sub>)

El sulfato de cobre tiene numerosas aplicaciones. En la agricultura, se utiliza principalmente como fungicida (GTM, 2017). Mediante un estudio se demostró que el sulfato de cobre al 2% da buenos resultados en la defoliación de árboles de melocotón (*Prunus persica*) (Sánchez *et al.*, 1988).

##### 4.13.2 Cianamida Hidrogenada (Dormex)

El Dormex es un fitorregulador utilizado en los frutales para romper la dormancia y estimular la brotación de las yemas y/o floración (BASF, s.f). Según Chandra *et al.* (2011), el Dormex aplicado al 0,5%, causa defoliación y brotación significativa en la granada (*Punica granatum L.*).

##### 4.13.3 Quelato de cobre CuEDTA

Es un cobre quelatado en forma EDTA, es ampliamente utilizado en la agricultura como fertilizante (s.f). Guak *et al.* (2001), indican que el quelato de cobre al 1% da buenos resultados para defoliar plantas de manzano en vivero. En otro estudio realizado por el INIAP (2008), en genotipos de chirimoya (*Annona cherimolia* Mill), también recomienda aplicar quelato de cobre al 1% para uniformizar y acelerar la defoliación.

#### 4.13.4 Urea

La Urea es un fertilizante químico de origen orgánico. Es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%), entre los minerales sólidos (FERTINOVA, s.f). Según El-Baz *et al.* (2011), la urea aplicada al 10% induce significativamente la caída de hojas en Guaba (*Inga edulis*); esto se vio reflejada en el buen rendimiento de la fruta después de la cosecha. En otro estudio realizado por González *et al.* (2013), demostraron que la urea aplicada al 8% en Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.), induce la defoliación en un 60% a los 20 días después de su aplicación.

#### 4.13.5 Ethephon

Es un líquido soluble utilizado en la agricultura como regulador de crecimiento de plantas, liberador de etileno y madurador de frutos (PROTECIN, s.f). Según Chandra *et al.* (2011), mencionan que el Ethrel (Ethephon) al 0,3% produce una buena defoliación y brotación en la granada (*Punica granatum* L.). También, se ha demostrado que el Ethephon aplicado al 2.4 ml L<sup>-1</sup> en árboles de atemoya (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) causa defoliación superior al 91% a los 16 días después de haber aplicado el producto (Hawerroth *et al.*, 2014).

#### 4.13.6 Microblend plus

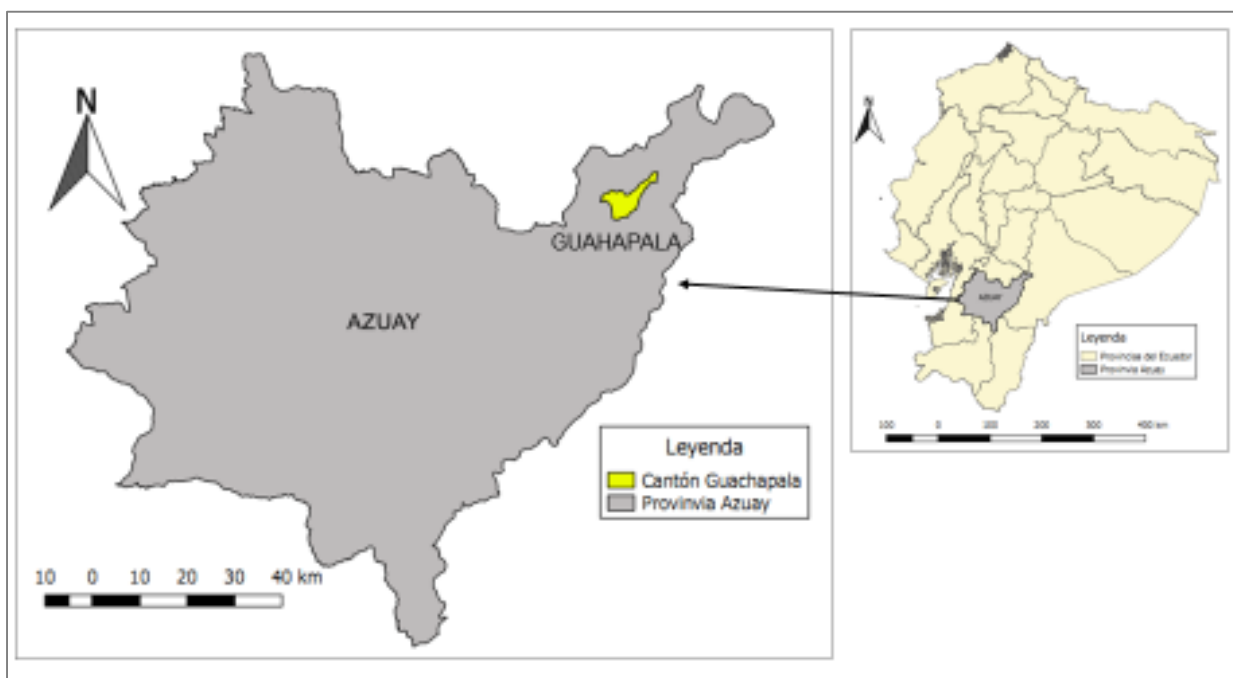
Microblend plus es un emulsificante-dispersante, humectante no iónico que mejora la distribución y adherencia de los fertilizantes foliares. Reduce la tensión superficial de los caldos de aplicación, permitiendo un cubrimiento total con una película uniforme y continua sobre las hojas y frutos (ECUAQUIMICA, s.f).

Ingredientes: Aceite mineral 85% y Alquil monifenol etoxilados 15%.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la granja El Romeral perteneciente a la Universidad de Cuenca. La granja se encuentra ubicada en el km 10 de la vía Paute - Guachapala en la Provincia de Azuay, a 2200 m s.n.m. con un clima subtropical y una temperatura promedio de 18°C, con una precipitación promedio de 1010 mm al año.



**Figura 3.** Mapa de ubicación de la zona de estudio en el Cantón Guachapala.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2. Metodología para la investigación

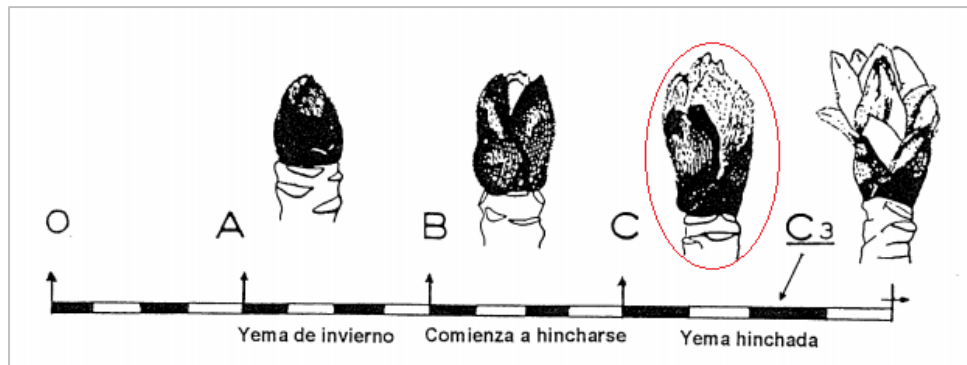
#### 5.2.1 Identificación del estado fenológico de las yemas en los árboles de manzano cv.

##### **Anna**

El experimento se llevó a cabo en un huerto adulto (30 años aproximadamente) de manzanas cv Anna. Una vez finalizada la máxima cosecha, se realizó un monitoreo de yemas fructíferas, para identificar el estado fenológico y aplicar los defoliantes.



Según el IICA-PROCIANDINO (1996), la defoliación química se debe realizar cuando las yemas reproductivas hayan formado sus primordios florales, que ocurre aproximadamente entre los 45 y 60 días después de la cosecha. Para identificar este estadio fenológico se ayudó mediante la escala numérica de Fleckinger.



**Figura 4.** Estados fenológicos de las yemas fructíferas en manzano.  
**Fuente:** Urbina, (2001)

El círculo indica el estado fenológico (yema hinchada C) en donde se aplicaron los defoliantes. Esto ocurrió aproximadamente a los 50 días de haber terminado la última cosecha.

### 5.2.2 Aplicación de los defoliantes

Se seleccionaron 57 árboles y se escogieron 4 ramillas por árbol de características similares, distribuidas en los 4 puntos cardinales de la planta. Se realizó el respectivo etiquetado de los árboles.

Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó el cálculo de concentraciones respectivo, posteriormente se prepararon las soluciones en los recipientes asignados para cada tratamiento.

El cálculo de las concentraciones se realizó a partir del ingrediente activo de los productos.

Todos los tratamientos fueron rociados mediante atomizadores en las ramillas respectivas. Se aplicó una cantidad de 20 ml en cada ramilla hasta dejar en goteo.

### **5.2.3 Metodología para identificar el producto y la concentración más efectiva en la caída de hojas**

Se contabilizó el número de hojas existentes en cada ramilla previo a la aplicación de los tratamientos.

Después de la aplicación de los tratamientos, se fue registrando el número de hojas caídas en cada ramilla, durante 15, 30, 45 y 60 días.

Finalmente se tabularon todos los datos y se realizó el análisis respectivo.

Metodología para evaluar el porcentaje de yemas brotadas y cuajado de frutos en base a los productos aplicados.

Previo a la aplicación de los tratamientos se contabilizó el número de yemas existentes en cada ramilla.

Luego de la aplicación de los tratamientos se fue monitoreando las yemas y registrando el número de yemas brotadas, que fueron evaluadas a los 30, 45 y 60 días.

El porcentaje de frutos cuajados se determinó mediante el número de flores presentes en cada ramilla. Se dio seguimiento a las yemas brotadas y se fue registrando el número de flores, posteriormente se anotó el número de frutos cuajados, a los 60 y 90 días.

### **5.2.4 Metodología para determinar los costos de aplicación de los defoliantes**

Los costos de aplicación de los defoliantes fueron analizados en base al precio de los productos utilizados y la mano de obra.

El cálculo se realizó para un total de 833 árboles/hectárea con una distancia de 4x3 metros.

## **5.3. Diseño experimental y análisis estadístico**

Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 19 tratamientos y 3 repeticiones. Se utilizaron un total de 57 árboles, cada ramilla fue considerado una unidad experimental. A continuación, se detalla el diseño estadístico formulado:



**Tabla 2.** Esquema del ADEVA

| <b>F de V</b>       | <b>Grados de libertad</b> |
|---------------------|---------------------------|
| <b>Total</b>        | 56                        |
| <b>Repeticiones</b> | 2                         |
| <b>Tratamientos</b> | 18                        |
| <b>Error</b>        | 36                        |

**Elaboración:** Chillo, 2018

Las variables consideradas para el análisis fueron:

- ✓ Porcentaje de hojas caídas a los 15, 30, 45 y 60 días
- ✓ Porcentaje de yemas brotadas a los 30, 45 y 60 días
- ✓ Porcentaje de frutos cuajados a los 60 y 90 días.



Los tratamientos utilizados se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Listado de tratamientos

| Tratamientos | Descripción                              |
|--------------|--|
| <b>T1</b>    | Sulfato de Cobre (CuSO <sub>4</sub> ) 1% |
| <b>T2</b>    | Sulfato de Cobre (CuSO <sub>4</sub> ) 2% |
| <b>T3</b>    | Sulfato de Cobre (CuSO <sub>4</sub> ) 3% |
| <b>T4</b>    | Cianamida Hidrogenada (Dormex) 0,5%      |
| <b>T5</b>    | Cianamida Hidrogenada (Dormex) 1%        |
| <b>T6</b>    | Cianamida Hidrogenada (Dormex) 1,5 %     |
| <b>T7</b>    | Quelato de cobre (CuEDTA) 0.5            |
| <b>T8</b>    | Quelato de cobre (CuEDTA) 1%             |
| <b>T9</b>    | Quelato de cobre (CuEDTA) 1.5%           |
| <b>T10</b>   | Urea 5%                                  |
| <b>T11</b>   | Urea 10 %                                |
| <b>T12</b>   | Urea 15 %                                |
| <b>T13</b>   | Ethephon (Cerone 720 E) 800 ppm          |
| <b>T14</b>   | Ethephon (Cerone 720 E) 1100 ppm         |
| <b>T15</b>   | Ethephon (Cerone 720 E) 1400 ppm         |
| <b>T16</b>   | MICROBLEND PLUS 2%                       |
| <b>T17</b>   | MICROBLEND PLUS 4%                       |
| <b>T18</b>   | MICROBLEND PLUS 6%                       |
| <b>T19</b>   | Testigo                                  |

Concentración de los productos: CuSO<sub>4</sub> 98%, Dormex 49 %, CuEDTA 9%, Urea 100%, Ethephon 720gr/l (Cerone 720 E), MICROBLEND PLUS 100%.

## 6. RESULTADOS

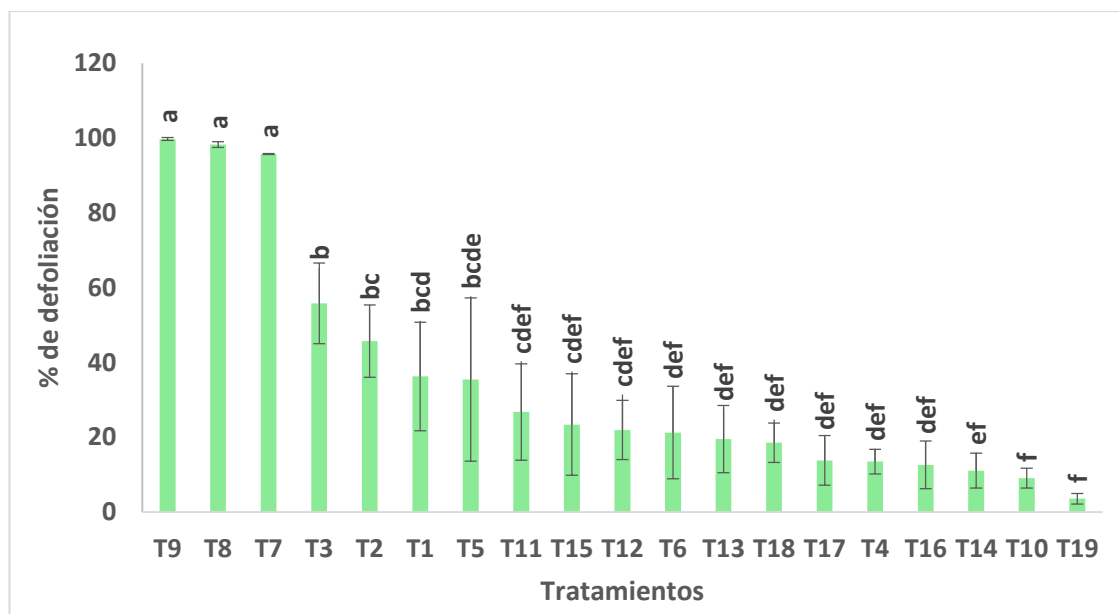
### 6.1. Porcentaje de hojas caídas

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Anexo 1), se comprobó que los tratamientos a los 15, 30, 45 y 60 días de evaluación, se distribuyen de forma normal ( $p>.05$ ). Además, mediante la prueba de Levene (Anexo 2), se verificó que hay homogeneidad de varianzas entre los tratamientos ( $p>.05$ ).

#### 6.1.1 Porcentaje de hojas caídas a los 15 días luego de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna

Realizado el ADEVA para la variable porcentaje de hojas caídas a los 15 días de evaluación (Anexo 3), se encontró diferencias significativas entre tratamientos  $F(1, 90)=45.92$ ,  $p<.0001$ . El coeficiente de variación fue de 22,63%.

Mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=.05$ ) se determinó 6 rangos. Los tratamientos CuEDTA al 1.5% ( $M=99,77\%$ ,  $DE=0,39$ ), CuEDTA al 1% ( $M=98,29\%$ ,  $DE=0,8$ ) y CuEDTA 0.5% ( $M=95,76\%$ ,  $DE=0,09$ ) obtuvieron los mejores resultados, mientras que el testigo ocupa el menor resultado ( $M=3,58\%$ ,  $DE=1,43$ ) (Figura 5).



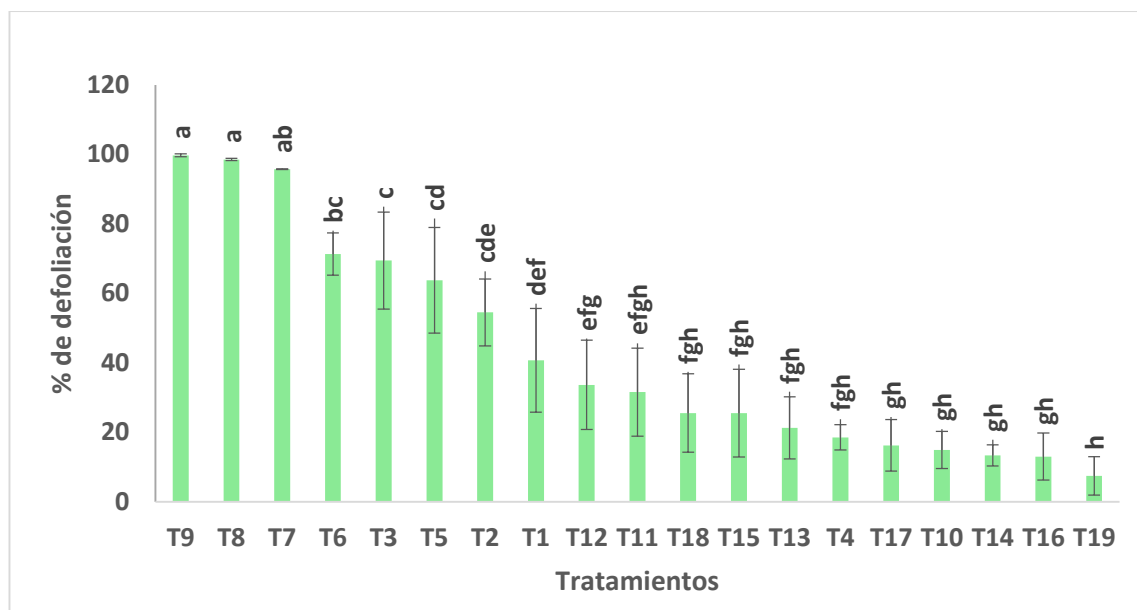
T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 5.** Porcentaje de hojas caídas a los 15 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

### 6.1.2 Porcentaje de hojas caídas a los 30 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna

Realizado el ADEVA (Anexo 4), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos  $F(1, 90)=46.84, p<.0001$ . El coeficiente de variación fue de  $CV=18,46\%$ .

A través de la prueba de Tukey ( $\alpha=.05$ ) se determinaron 8 rangos. Los tratamientos con CuEDTA al 1.5% ( $M=99,77, DE=0,39$ ), y CuEDTA al 1% ( $M=98,57, DE=0,32$ ) se destacaron en cuanto al porcentaje de defoliación, mientras que el testigo, obtuvo el menor resultado ( $M=7,46, DE=5,55$ ) (Figura 6).



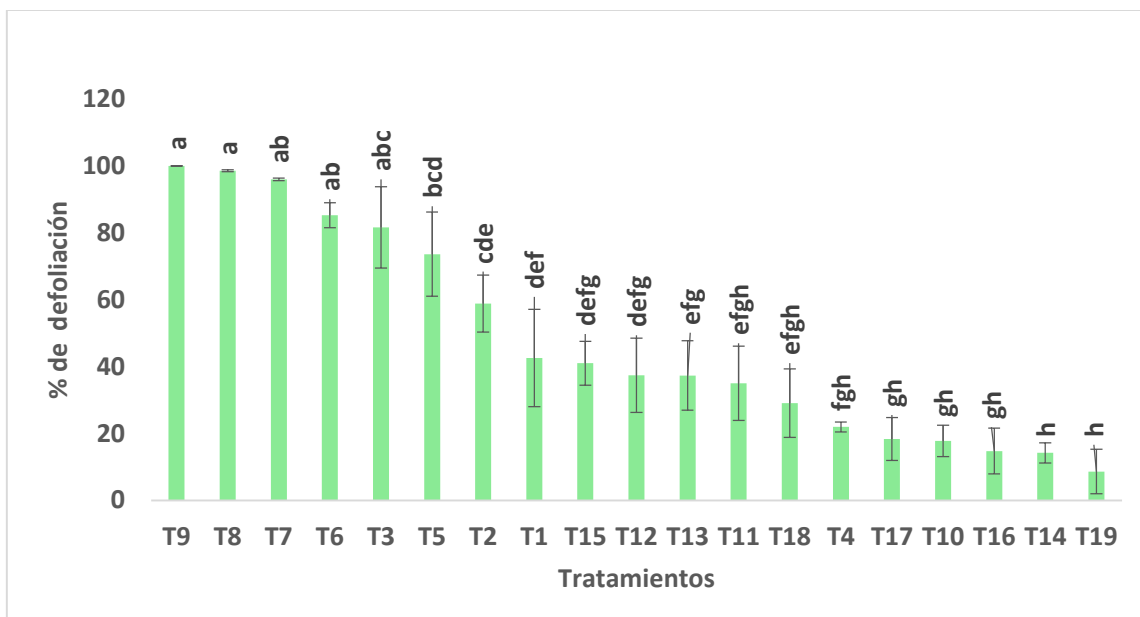
T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 6.** Porcentaje de hojas caídas a los 30 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

### 6.1.3 Porcentaje de hojas caídas a los 45 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna

En el análisis de varianza (Anexo 5), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos  $F(1, 90)=53.06, p<.0001$  El coeficiente de variación fue de  $CV=15,65\%$ .

La prueba Tukey ( $\alpha=.05$ ) mostró 8 rangos. Como ocurrió en los 30 días de evaluación, el CuEDTA al 1.5% ( $M=100, DE=0$ ) y CuEDTA al 1% ( $M=98,57\%, DE=0,32$ ) obtuvieron los mejores resultados, el testigo ( $M=8,61, DE= 6,67$ ) presentó el menor resultado (Figura 7).



T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

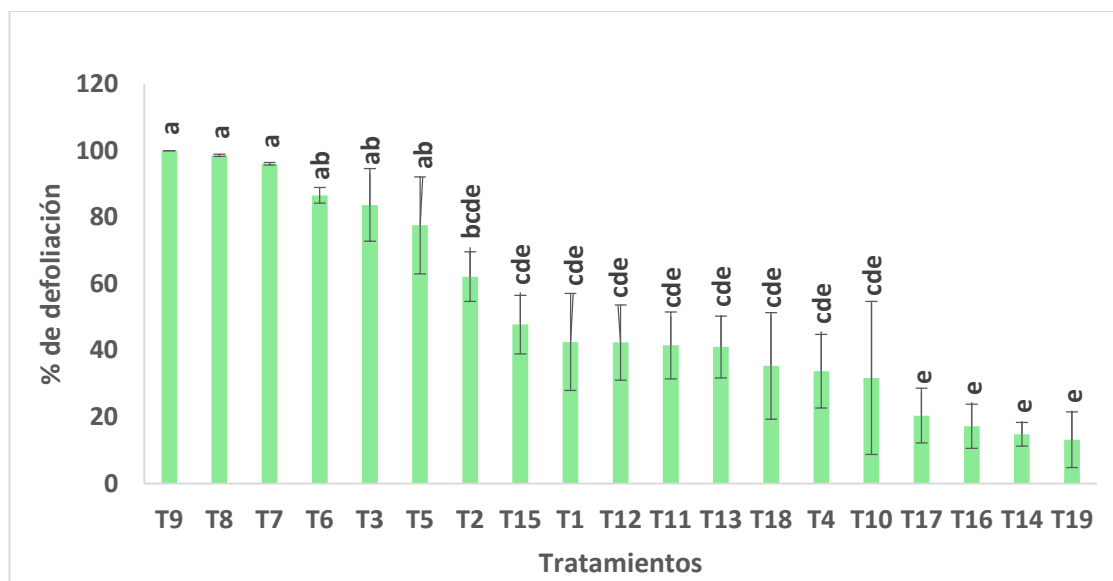
**Figura 7.** Porcentaje de hojas caídas a los 45 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

#### 6.1.4 Porcentaje de hojas caídas a los 60 días de la aplicación de los defoliantes el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna

El ADEVA realizado (Anexo 6), determinó diferencias significativas entre tratamientos  $F(1, 90)=28.85, p<.0001$  El coeficiente de variación fue de  $CV=18,47\%$ .

En la prueba de Tukey ( $\alpha=.05$ ) se observó 5 rangos. En esta fecha de evaluación, se mantuvo el resultado y la ubicación de los tratamientos más destacados a los 45 días, mientras que el testigo, obtuvo el último lugar ( $M=13,17, DE=8,35$ ) de defoliación (Figura 8).





T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1,5%; T7= CuEDTA 0,5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1,5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

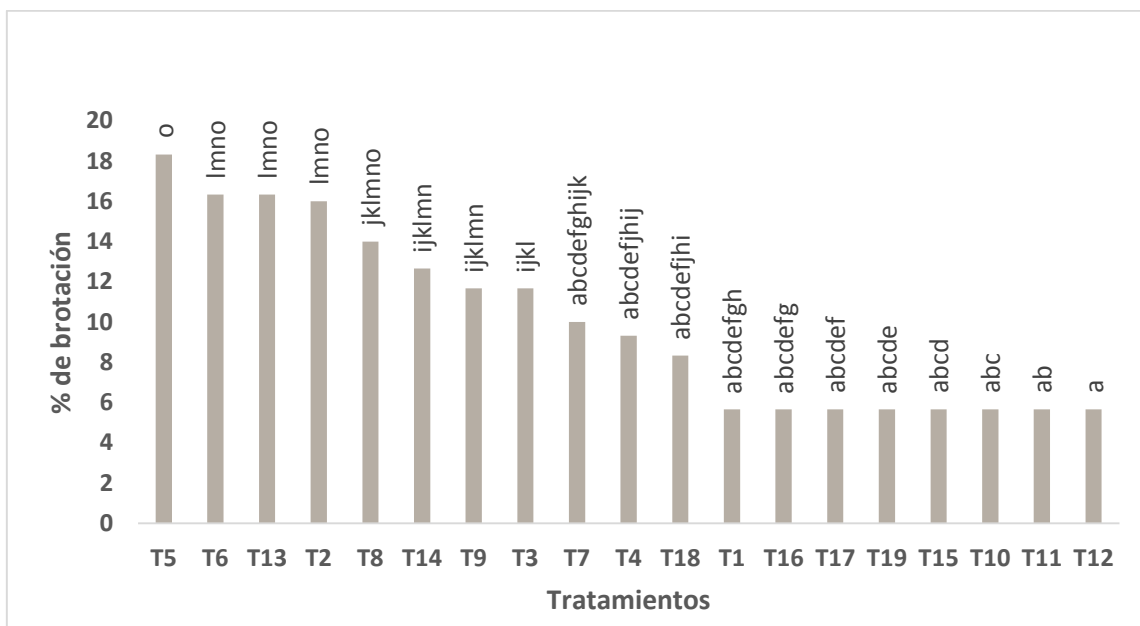
**Figura 8.** Porcentaje de hojas caídas a los 60 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

## 6.2. Porcentaje de yemas brotadas

### 6.2.1 Porcentaje de yemas brotadas a los 30 días de la aplicación de los defoliantes

Esta variable no presento normalidad ( $p < .05$ ) (Anexo 11), tampoco homogeneidad de varianzas ( $p < .05$ ) (Anexo 12), por lo que se realizó la prueba no paramétrica de Friedman ( $\alpha = .05$ ).

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $T^2 = 6.76$ ,  $p < .0001$ ). Los tratamientos más destacados fueron: Dormex al 1% ( $M = 18,33$ ), Dormex al 1,5% y Ethephon 800 ppm, que comparten el mismo rango promedio ( $M = 18,33$ ), en comparación con el testigo que ocupa el último lugar ( $M = 5,67$ ) junto con otros tratamientos (Figura 9).

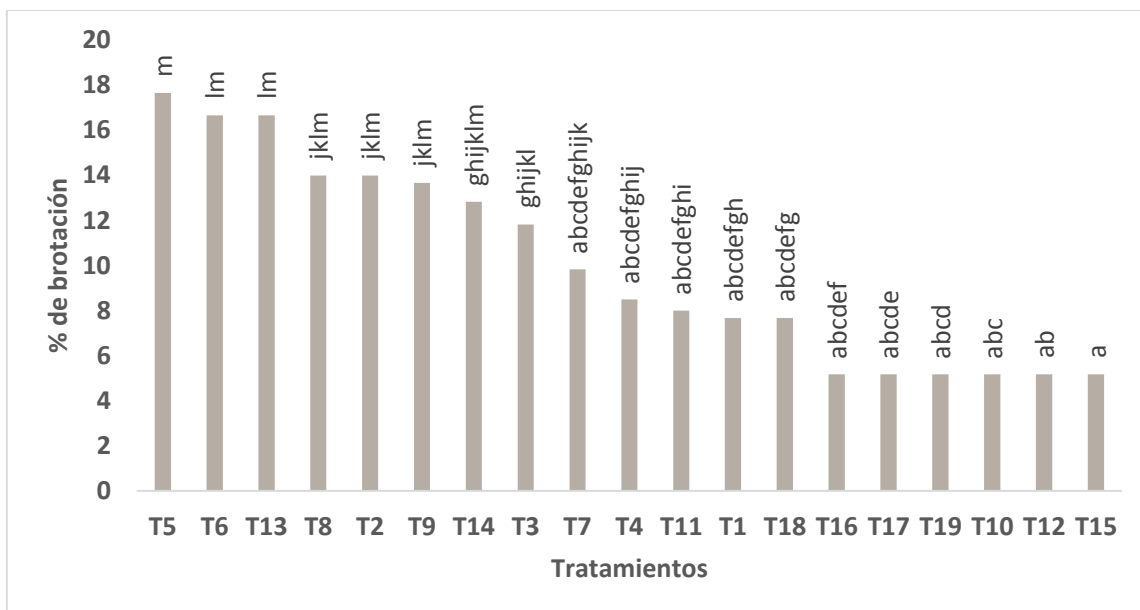


T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 9.** Porcentaje de yemas brotadas a los 30 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

### 6.2.2 Porcentaje de yemas brotadas a los 45 días de la aplicación de los defoliantes

La prueba de Friedman indicó diferencias significativas entre tratamientos ( $T^2= 5.20$ ,  $p < .0001$ ). El Dormex al 1% ( $M=17,67$ ), Dormex al 1,5% y Ethephon a 800 ppm, que comparten igual rango promedio ( $M=16,67$ ), fueron los más destacados, mientras que el testigo ocupa el último lugar ( $M=5,67$ ) junto con otros tratamientos (Figura 10).

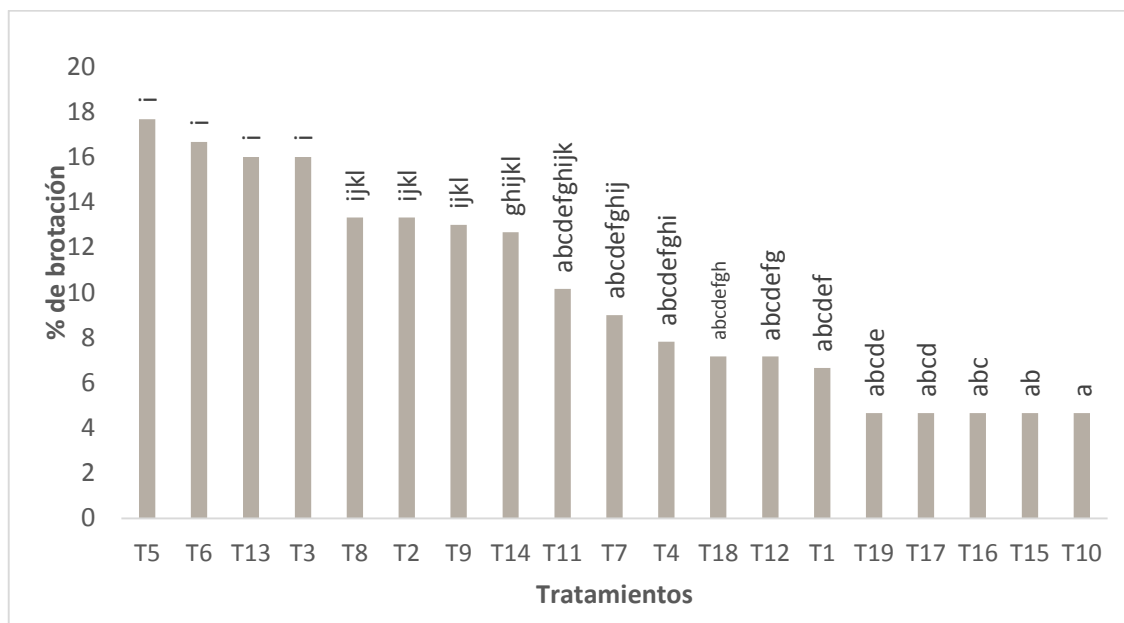


T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1,5%; T7= CuEDTA 0,5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1,5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 10.** Porcentaje de yemas brotadas a los 45 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica Borkh*) cv. Anna (Chillo, 2018).

### 6.2.3 Porcentaje de yemas brotadas a los 60 días de la aplicación de los defoliantes

La prueba de Friedman mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $T^2 = 5.83$ ,  $p < .0001$ ). Los tratamientos que obtuvieron los valores más altos fueron el Dormex al 1% ( $M = 17,67$ ) y el Dormex al 1,5% ( $M = 16,67$ ). El testigo ocupa el último lugar ( $M = 5,67$ ) junto con otros tratamientos (Figura 11).



T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethephon 800 ppm; T14= Ethephon 1100 ppm; T15= Ethephon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 11.** Porcentaje de yemas brotadas a los 60 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh) cv. Anna (Chillo, 2018).

### 6.3. Porcentaje de frutos cuajados

#### 6.3.1 Porcentaje de frutos cuajados a los 60 días de la aplicación de los defoliantes

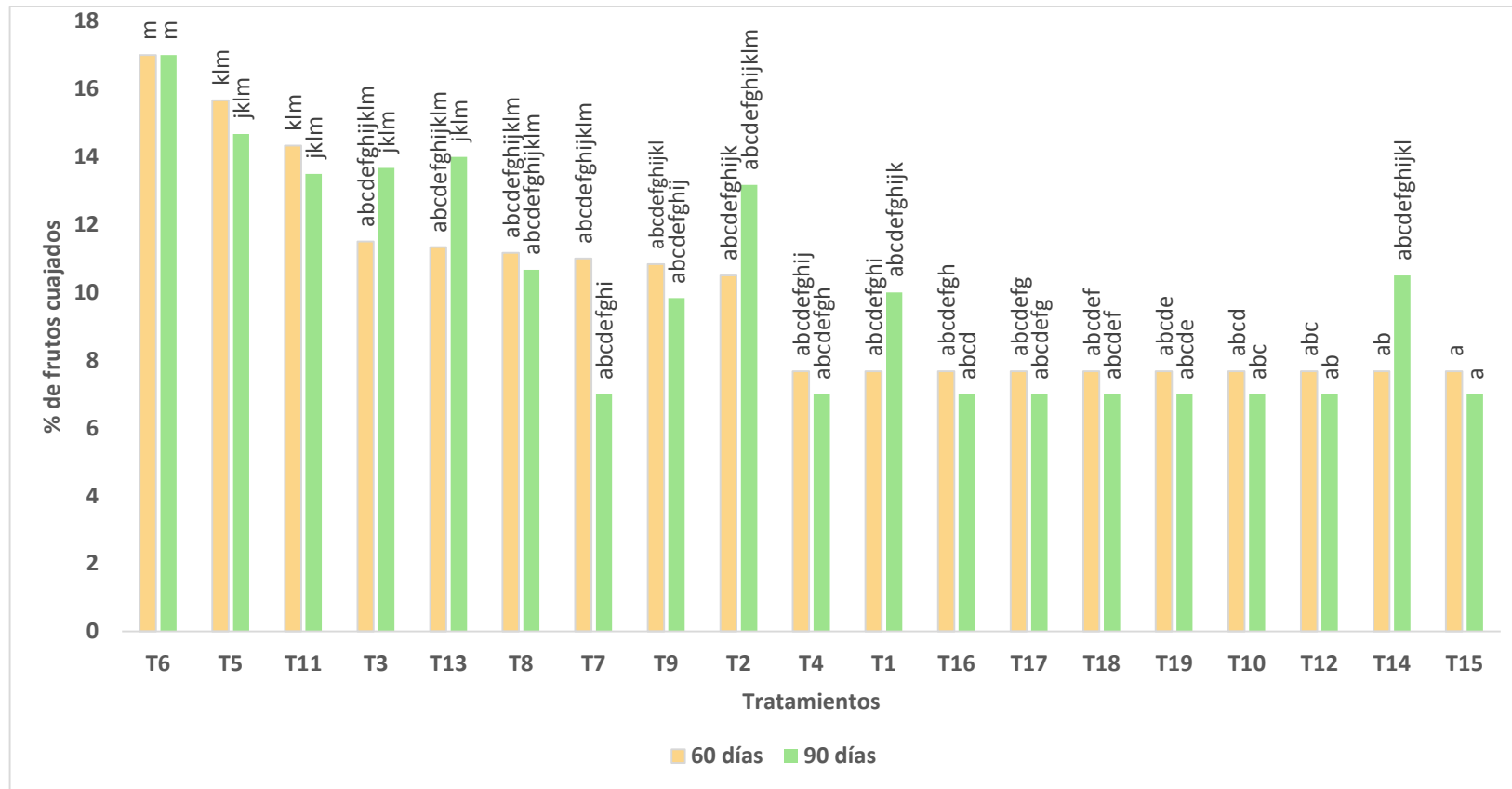
De igual forma esta variable no presentó normalidad de los datos ( $p < .05$ ) (Anexo 16), tampoco homogeneidad de varianzas ( $p < .05$ ) (Anexo 17), por lo que se realizó la prueba no paramétrica de Friedman ( $\alpha = .05$ ).

La prueba indicó diferencias significativas entre los tratamientos ( $T^2 = 1,98$ ,  $p < .04$ ). Los valores más destacados presentaron el Dormex al 1,5% ( $M = 17$ ) y Dormex al 1% ( $M = 15,67$ ), en comparación con el testigo ( $M = 7,67$ ) que se ubica entre las últimas posiciones (Figura 12).



### 6.3.2 Porcentaje de frutos cuajados a los 90 días de la aplicación de los defoliantes

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $T^2=2,25$ ,  $p < .02$ ). El Dormex al 1,5% ( $M=17$ ) y Dormex al 1% ( $M=14,67$ ) ocupan las primeras posiciones, el testigo ( $M=7$ ) junto con otros tratamientos, ocupan las últimas posiciones, en cuanto al porcentaje de frutos cuajados (Figura 12).



T1= CuSO<sub>4</sub> 1%; T2= CuSO<sub>4</sub> 2%; T3= CuSO<sub>4</sub> 3%; T4= Dormex 0,5%; T5= Dormex 1%; T6= Dormex 1.5%; T7= CuEDTA 0.5%; T8= CuEDTA 1%; T9= CuEDTA 1.5%; T10= Urea 5%; T11= Urea 10%; T12= Urea 15%; T13= Ethepon 800 ppm; T14= Ethepon 1100 ppm; T15= Ethepon 1400 ppm; T16= Microblend plus 2%; T17= Microblend plus 4%; T18= Microblend plus 6%; T19= Testigo.

**Figura 12.** Porcentaje de frutos cuajados a los 60 y 90 días de la aplicación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica Borkh*) cv. Anna.

#### 6.4. Costos de aplicación de los defoliantes

**Tabla 4.** Requerimiento y costos de aplicación de los defoliantes

| Tratamientos        | Requerimiento/ha | Costo total/ha (\$) |
|---------------------|------------------|---------------------|
| Sulfato de Cobre 1% | 8,16 Kg          | 48,96               |
| Sulfato de Cobre 2% | 16,32 Kg         | 97,92               |
| Sulfato de Cobre 3% | 24,48 Kg         | 146,88              |
| Dormex 0,5%         | 8 L              | 160,00              |
| Dormex 1%           | 16 L             | 320,00              |
| Dormex 1,5 %        | 24 L             | 480,00              |
| CuEDTA 0.5%         | 44,4 Kg          | 532,80              |
| CuEDTA 1%           | 88,888 Kg        | 1066,66             |
| CuEDTA 1.5%         | 133,36 Kg        | 1600,32             |
| Urea 5%             | 40 Kg            | 30,00               |
| Urea 10 %           | 80 Kg            | 60,00               |
| Urea 15 %           | 120 Kg           | 90,00               |
| Ethephon 800 ppm    | 0,8 L            | 66,40               |
| Ethephon1100 ppm    | 1,2 L            | 99,60               |
| Ethephon 1300 ppm   | 1,52 L           | 126,16              |
| MICROBLEND PLUS 2%  | 16 L             | 120,00              |
| MICROBLEND PLUS 4%  | 32 L             | 240,00              |
| MICROBLEND PLUS 6%  | 48 L             | 360,00              |
| Testigo             | 0                | 0,00                |



**Fuente:** Elaboración propia

El requerimiento total por hectárea se realizó para un total de 833 árboles con un marco de plantación de 4x3 metros.

Para aplicar cualquier tratamiento se le debe sumar la mano de obra, se estima un total de 4 jornales por hectárea. Por ejemplo, los tratamientos con quelato de cobre (CuEDTA) mostraron los mejores resultados en cuanto al porcentaje de defoliación (>95%) en los primeros 15 días. Refiriéndose a términos económicos, CuEDTA al 0,5% resulta conveniente aplicar, por presentar el menor costo (532,80 USD), sumado los 4 jornales daría un total de 612, 80 USD.

## 7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que las aplicaciones de defoliantes químicos mejoran la caída de hojas, brotación y el cuajado de frutos en el cultivo de manzano (*Malus domestica* Borkh) cv Anna.

El quelato de cobre al 0,5%, 1% y 1,5%, fueron los tratamientos más destacados para inducir la caída de hojas dentro de los 15, 30, 45 y 60 días de la aplicación (>95%); similares resultados fueron reportados por Guak *et al.* (2001) en un estudio realizado en la Universidad Estatal de Oregón en Corvallis-USA, quienes manifiestan que el quelato de cobre (CuEDTA) al 1% produce una defoliación >80% en los 6 días de aplicación en plantas de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv Fuji/M.26 en vivero, en nuestro caso, en el campo se dio dentro de los primeros 15 días de evaluación. Dong *et al.* (2004) realizaron otro experimento en plantas de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv Fuji/M.26 en vivero y manifiestan que el CuEDTA aplicado al 0,5% induce la caída de hojas en más del 80% en las 2 semanas de aplicación.

Bi *et al.* (2005) mencionan que el quelato de cobre tiene el potencial de ser un defoliante útil, usaron CuEDTA al 0,5% para defoliar plantas de almendro (*Prunus dulcis*) en vivero,



encontraron que aproximadamente el 80% de las hojas habían caído durante las 2 primeras semanas.

Según el INIAP (2008), las plantas de *Annona cherimolia* Milk (frutal caducifolio de comportamiento similar al manzano), tardan en defoliarse aproximadamente 3 meses, pero al aplicar defoliantes, a los 14 días la caída de hojas avanza hasta un 53,27% aproximadamente; esto lo demuestran mediante un estudio realizado sobre la evaluación y selección de defoliantes químicos, en donde el CuEDTA al 1% presentó el mejor resultado tanto a los 14 y 21 días de evaluación con 68,52 % y 82,83% en defoliación respectivamente.

No se presenció una buena brotación de yemas en las plantas aplicadas los defoliantes. Sin embargo, las plantas tratadas con Dormex (1% y 1,5%) se destacaron en cuanto a la variable porcentaje de yemas brotadas. Existe muy poca información sobre la utilización del Dormex como defoliante, generalmente es considerado un fitorregulador para romper la dormancia y estimular la brotación de las yemas y/o floración en frutales. Sin embargo, Chandra *et al.* (2011) evaluaron algunos defoliantes químicos en el granado (*Punica granatum* L.) e indican que el Dormex al 1% o 1.5% da buenos resultados en la brotación de yemas (>85%), en comparación con otros tratamientos.

Como se mencionó anteriormente, la defoliación en las plantas tratadas con quelato de cobre (CuEDTA) fue exitosa, pero la brotación de yemas y cuajado de frutos fue bajo. Según Guak *et al.* (2001) , la defoliación química en árboles de hoja caduca disminuye la cantidad de nitrógeno (N) movilizadora de las hojas a los tallos y raíces en el otoño; por lo tanto, puede reducir las reservas de N requeridas para el crecimiento en la temporada siguiente; se asume que para nuestro caso, ésta pudo ser una de las causas de la baja brotación de yemas, los mismos investigadores manifiestan que para corregir el déficit se puede realizar un pretratamiento con urea foliar para mejorar el nivel de reserva de N.



Cabe mencionar que en las plantas tratadas con Dormex (1%-1,5%), se observaron brotes tempranos, entre los 15-18 días (datos no presentados), en comparación con los otros tratamientos.

El bajo porcentaje de yemas brotadas, ocasionó bajo porcentaje de frutos cuajados, de igual forma el Dormex al 1% y al 1.5% se destacaron dentro de esta variable. Un estudio realizado por Mohamed (2008) en el cultivo de manzana cv Anna, indica que la aplicación de Cianamida Hidrogenada (Dormex 3%) previa a una defoliación, estimula la dormancia, mejora la brotación de yemas y la calidad de la fruta.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La aplicación de defoliantes químicos en el cultivo del manzano aceleró el tiempo de defoliación, mejoró la brotación de yemas y el cuajado de frutos, en comparación con el control.

El quelato de cobre (CuEDTA) fue el defoliante con los mejores resultados. Las tres concentraciones (0,5%, 1% y 1,5%), indujeron la caída de hojas superior al 95% en los primeros 15 días de aplicación. Al comparar las tres concentraciones, el quelato de cobre al 1% se destacó en cuanto al porcentaje de yemas brotadas y frutos cuajados.

Los tratamientos con Dormex (1% y 1,5%) mejoraron la brotación de yemas y fructificación, en comparación con los demás tratamientos.

Se recomienda utilizar quelato de cobre (CuEDTA) al 0.5% o al 1% para la defoliación en manzano cv. Anna, posteriormente utilizar compensadores de frío, para romper la dormancia y estimular el la brotación.

El quelato de cobre fue un defoliante efectivo; sin embargo, de acuerdo a la literatura citada, el quelato de cobre hace que disminuya las reservas de N en la planta, afectando su funcionamiento, por lo que se recomienda hacer estudios de campo para determinar si ésta fue una de las causas de la baja brotación de yemas.



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRINOVA. (s.f). Cupric quelat. Recuperado de [http://www.agrinova.com/productos/quelato\\_de\\_cobre\\_en\\_forma\\_edta.htm](http://www.agrinova.com/productos/quelato_de_cobre_en_forma_edta.htm)
- Agustí, M; Martínez, A; Mesejo, C; Juan, M; Almeda, V. (2003). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia.
- Alayón, P; Rodríguez, V. (2010). Analisis fenológico de cultivares de manzana (*Malus domestica* Borkh.) de bajo requerimiento de horas frío en San Luis del Palmar (Corrientes). *Agrotecnia*, 4.
- Ashebir, D; Deckers , T; Nyssen, J; Bihon, W; Tsegay, A; Tekie, H; Deckers, J. (2010). Growing apple (*Malus domestica*) under tropical mountain climate conditions in Northern Ethiopia. *GROWING APPLE (MALUS DOMESTICA) UNDER*, 46(1), 53-65.
- Baraona, M; Sancho , E. (1992). *Fruticultura especial. Manzana, meolocoton, fresa y mora*. Costa Rica: Universidad Estatal a distancia.
- BASF. (s.f). Dormex. Recuperado de [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol.\\_renov.\\_mod.\\_etiqueta\\_dormex\\_basf\\_chile\\_s.a.-etiqueta.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resol._renov._mod._etiqueta_dormex_basf_chile_s.a.-etiqueta.pdf)
- Bi, G; Scagel, C; Cheng, L; Fuchigami, L. (2005). Effects of copper, zinc and urea on defoliation and nitrogen reserves in nursery plants of almond. *Horticultural Science and Biotechnology*, 80, 746-750. doi:10.1080/14620316.2005.11512009
- Borgues , A; Da Cunha Barros, M; Pardo , E; García, M; Franco, J; Gravina, A. (2009). Cuajado de frutos en tangor ‘Ortanique’ en respuesta a la polinización y a distintas situaciones de estres ambiental. *Agrociencia*, 13(1), 7-18.



- Botero, N; Morales, G. (2000). Producción del manzano (*Malus* sp. cv Anna) en el Oriente Antioqueño con la abeja melífera, *Apis mellifera* L.(Hymenoptera Apidae). *fac.Nal.Agr.Medellin*, 53(1), 849-862.
- Cárdenas, J; Fischer, G. (2013). *Clasificación botánica y morfología de manzano, peral, duraznero y ciruelo*
- Casierra, F; Sepúlveda, C; Avendaño, O. (2008). Brotación del manzano (*Malus domestica* Borkh cv. "Anna". *U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 114.
- Coque, M; Díaz, MB; García, JC. (2012). *El cultivo de manzano. Centro de investigación aplicada y tecnología agroalimentaria*.
- Cornejo , J; Rosales, P; Gauna, P; Rubio, C; Campos , A. (2006). *Biología 2: Umbral*, S.A.
- Chandra, R; Jadhav, V; Dhinesh Babu, K; Maity, S. (2011). Influence of Chemical defoliant on defoliation and Twing Bud Sprouting in Pomegranate (*Punica granatum* L.) "Bhagawa". *Acta Hort*, 890, 359 - 362. doi:doi:10.17660/ActaHortic.2011.890.50
- Dennis, F. (1994). Dormancy - What We Know ( and Don ' t Know ). *Hort Science*, 29(11), 1249-1255.
- Domínguez, M. (2008). Estudio de la variabilidad morfológica en el Banco Nacional de Germoplasma del Manzano. 4.
- Dong, S; Cheng, L; Fuchigami, L. (2004). Effects of Urea and defoliant-CuEDTA in a single or a mixed application in the autumn on N reserves and regrowth performance of young 'FUJI'/M26 apple trees *Acta Hort*, 29-34. doi:10.17660/ActaHortic.2004.636.2
- Eccher, G; Ferrero , S; Populin, F; Colombo, L; Botton, A. (2014). Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology: Apple (*Malus domestica* L. Borkh) as an emerging model for fruit development. *Plan Biosystems*, 148(1), 1-12.



- ECUAQUIMICA. (s.f). *MICROBLEND PLUS*. Recuperado de <http://www.ecuaquimica.com.ec/>
- El-Agamy, S; Mohamed, A; Mostafa, F; Abdallah, A. (2001). Chilling and Heat Requirements for Budbreak and Fruiting of "Anna" and Fruiting of "Anna" and "Dorsett Golden" apple cultivars under warm climatic conditions. *Acta Hort*, 103-108.
- El-Baz, E; EL-Shobaky, M; Saleh, M. (2011). Effect of some chemical treatments and hand defoliation on winter production as yield, fruit quality and storage life of Guava. *J. Plant production*, 2, 467-478.
- EMPASC. (1986). Manual da cultura da macieira. Empresa Catarinenese de Pesquisa Agropecuaria (pp. 526). Brasil.
- Espada, J. (2010). *Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón. Necesidades de frío invernal de los frutales caducifolios*.
- FAO. (2012). *Respuesta del rendimientos del los cultivos al agua*.
- FAOSTAT. (2013). Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FERTINOVA. (s.f). Urea. Recuperado de <http://www.fertinova.mx/sites/default/files/fichas%20t%C3%A9cnicas.pdf>
- Fischer, G. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá: Produmedios.
- Fischer, G. (2013). Comportamiento de los frutales caducifolios en el trópico *Los frutales caducifolios en Colombia - Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo* (pp. 31-46). Colombia.
- Flores, P. (2006). Requerimiento de frío en frutales efectos negativos sobre la producción de fruta. *Agromensajes*.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: Procesos agroecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Turrialba, C.R.



- González, M; Hueso, J; Alonso, F; Cuevas, J. (2013). Foliar Application of Urea Advances Bud Break, Bloom and Harvest in Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Hort Science*, 975, 269-274. doi:10.17660/ActaHortic.2013.975.30
- GTM. (2017). Sulfato de cobre. Recuperado de <http://www.gtm.net/images/industrial/s/SULFATO%20DE%20COBRE.pdf>
- Guak, S; Cheng, L; Fuchigami, L. (2001). Foliar urea pretreatment tempers inefficient N recovery resulting from copper chelate (CuEDTA) defoliation of apple nursery plants. *The Journal of horticulture Science and Biotechnology*, 1(76), 35-39. doi:10.1080/14620316.2001.11511323
- Hawerroth, F; Valentim, M; Chaves, A. (2014). *Revista Brasileña de Fruticultura*, 36(4), 1041-1045.
- Hilhorst, H; Koornneef, M. (2007). Dormancy in plants. 1-4.
- IICA-PROCIANDINO. (1996). *Manejo pre y post-cosecha de frutales y hortalizas para exportación*. Quito, Ecuador: PROCIANDINO.
- INIAP. (1995). Manual del cultivo de manzano (*Malus Domestica* B.) para los valles interandinos temperados del Ecuador. 30.
- INIAP. (2008). *Programa de fruticultura: Informe Anual técnico*.
- Jackson, D; Palmer, J. (1999). Pome Fruits: temperate and subtropical fruit production. *Wallingford*, 189-202.
- Lang, GA; Early, JD; Martin, GC; Darnell, RL. (1987). Endo and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*, 371-377.
- Larsen, F; Higgins, S. (1999). Deciduous Tree-fruit nursery-stock defoliation with combination sprays of Alanap, Depeg, and Ethrel. *Tree Fruit Production*, 2(2), 49-58.



- Mohamed, A. (2008). The effect of chilling , defoliation and hydrogen cyanamide on dormancy release , bud break and fruiting of Anna apple cultivar. *Scientia Horticulturae*, 118, 25-32.
- Paivi, LH; Schoot, C. (2008). Cell-Cell Communication as a Key Factor in Dormancy Cycling. *Journal of Crop Improvement*, 10(1-2), 115.
- ProChile. (2011). *Estudio de mercado de manzanas en Ecuador*. Recuperado de [http://www.prochile.gob.cl/wp-content/files\\_mf/documento\\_06\\_21\\_11164640.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/documento_06_21_11164640.pdf)
- PROTECIN. (s.f). Ethephon. *Innovación Agrícola*. Recuperado de <http://innovacionagricola.com/wp-content/uploads/2016/05/FICHA-TECNICA-ETHEPHON.pdf>
- Richarson, E; Seeley, S; Walker, D. (1974). A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" peaches. *Hort Science*, 9, 331-332.
- Samson, JA. (1991). *Fruticultura Tropical*: Limusa.
- Sánchez, I; Gamboa, C; Gancho, G. (1988). Efecto de la defoliación sobre la fenología y producción de dos variedades de melocoton (*Prunus persica*) en Costa Rica. *Agronomía Costaricense*, 1(13), 17-23.
- Sarmiento, A; Naranjo, C. (1995). *Frutales Caducifolios: manzano, peral, durazno, ciruelo*. Colombia: Produmedios.
- Sherman , W;Sharpe , R;Aitken, J. (1971). Subtropical apples. *State Hort*, 9-11.
- Taiz, L; Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*.
- Tamaro , D. (1987). *Manual de Horticultura y Fruticultura*. Mexico: Gustavo Gili, S.A., Barcelona.
- Urbina, V. (2001). *Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales*.
- Urbina, V. (2002). *La fructificación de los frutales*. Lleida: Paperkite.
- Westwood, MN. (1982). *fruticultura de zonas templadas*: Mundi prensa.



## 10. ANEXOS

**Anexo 1.** Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de hojas caídas en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| Variable            | n  | D.E. | W*   | p(Unilateral D) |
|---------------------|----|------|------|-----------------|
| Defoliación 15 días | 57 | 6,33 | 0,97 | 0,635           |
| Defoliación 30 días | 57 | 6,35 | 0,97 | 0,5711          |
| Defoliación 45 días | 57 | 6,02 | 0,96 | 0,3208          |
| Defoliación 60 días | 57 | 7,69 | 0,97 | 0,4826          |

**Elaboración:** Chillo, 2018

**Anexo 2.** Prueba de Levene para la variable porcentaje de hojas caídas (15, 30, 45 y 60 días) en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.  | gl | <u>F</u> |         |         |         | <u>p-valor</u> |         |         |         |
|-------|----|----------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|---------|
|       |    | 15 días  | 30 días | 45 días | 60 días | 15 días        | 30 días | 45 días | 60 días |
| Trat. | 18 | 1,56     | 1,36    | 1,77    | 1,47    | 0,12           | 0,21    | 0,07    | 0,16    |
| Rep.  | 2  | 0,19     | 0,35    | 2,17    | 0,53    | 0,83           | 0,71    | 0,13    | 0,59    |
| Error | 36 |          |         |         |         |                |         |         |         |
| Total | 56 |          |         |         |         |                |         |         |         |

**Elaboración:** Chillo, 2018



**Anexo 3.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 15 días en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.                | SC       | gl | CM     | F. cal | <u>F. tab</u>       | p-valor |
|---------------------|----------|----|--------|--------|---------------------|---------|
|                     |          |    |        |        | ( $\alpha = 0,05$ ) |         |
| <b>Tratamientos</b> | 51458,42 | 18 | 2858,8 | 45,92  | 1,9                 | <0,0001 |
| <b>Repeticiones</b> | 1149,25  | 2  | 574,63 | 9,23   | 3,26                | 0,0006  |
| <b>Error</b>        | 2240,98  | 36 | 62,25  |        |                     |         |
| <b>Total</b>        | 54848,65 | 56 |        |        |                     |         |

$R^2 = 0,96$  ( $R^2$  ajustada=0,94)

C.V= 22,63 %

**Elaboración:** Chillo, 2018

**Anexo 4.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 30 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F de V.             | SC       | gl | CM      | F. cal | <u>F. tab</u>       | p-valor |
|---------------------|----------|----|---------|--------|---------------------|---------|
|                     |          |    |         |        | ( $\alpha = 0,05$ ) |         |
| <b>Tratamientos</b> | 52849,02 | 18 | 2936,06 | 46,84  | 1,9                 | <0,000  |
| <b>Repeticiones</b> | 1057,52  | 2  | 528,76  | 8,43   | 3,26                | 0,001   |
| <b>Error</b>        | 2256,77  | 36 | 62,69   |        |                     |         |
| <b>Total</b>        | 56163,32 | 56 |         |        |                     |         |

$R^2 = 0,96$  ( $R^2$  ajustada=0,94)

C.V= 18,46%

**Elaboración:** Chillo, 2018



**Anexo 5.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 45 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.         | SC       | gl | CM      | F     | <u>F. tab</u><br>( $\alpha=0,05$ ) | p-valor |
|--------------|----------|----|---------|-------|------------------------------------|---------|
| Tratamientos | 53884,59 | 18 | 2993,59 | 53,06 | 1,9                                | <0,000  |
| Repeticiones | 509,98   | 2  | 254,99  | 4,52  | 3,26                               | 0,017   |
| Error        | 2030,97  | 36 | 56,42   |       |                                    |         |
| Total        | 56425,53 | 56 |         |       |                                    |         |

$R^2= 0,96$  ( $R^2$  ajustada=0,94)

C.V= 15,65%

Elaboración: Chillo, 2018

**Anexo 6.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de hojas caídas a los 60 días de evaluación de defoliantes en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.         | SC       | gl | CM     | F. cal | <u>F. tab</u><br>( $\alpha=0,05$ ) | p-valor |
|--------------|----------|----|--------|--------|------------------------------------|---------|
| Tratamientos | 47737,85 | 18 | 2652,1 | 28,85  | 1,9                                | <0,000  |
| Repeticiones | 886,75   | 2  | 443,37 | 4,82   | 3,26                               | 0,014   |
| Error        | 3309,33  | 36 | 91,93  |        |                                    |         |
| Total        | 51933,93 | 56 |        |        |                                    |         |

$R^2= 0,94$  ( $R^2$  ajustada=0,90)

C.V= 18,47%

Elaboración: Chillo, 2018



**Anexo 7.** Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de yemas brotadas en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| Variable          | n  | D.E. | W*   | p(Unilateral D) |
|-------------------|----|------|------|-----------------|
| Brotación 30 días | 57 | 4,86 | 0,89 | 0,00            |
| Brotación 45 días | 57 | 5,65 | 0,93 | 0,01            |
| Brotación 60 días | 57 | 5,51 | 0,93 | 0,02            |

**Elaboración:** Chillo, 2018

**Anexo 8.** Prueba de levene para la variable porcentaje de yemas brotadas en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.  | gl | <u>F</u> |         |         | <u>p-valor</u> |         |         |
|-------|----|----------|---------|---------|----------------|---------|---------|
|       |    | 30 días  | 45 días | 60 días | 30 días        | 45 días | 60 días |
| Trat. | 18 | 5,59     | 3,7     | 4,33    | 0,00           | 0,0004  | 0,00    |
| Rep   | 2  | 2,96     | 1,44    | 0,92    | 0,06           | 0,2502  | 0,41    |
| Error | 36 |          |         |         |                |         |         |
| Total | 56 |          |         |         |                |         |         |

**Elaboración:** Chillo, 2018

**Anexo 8.** Prueba de Shapiro-Wilk para la variable porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| Variable                | n  | D.E. | W*   | p(Unilateral D) |
|-------------------------|----|------|------|-----------------|
| Frutos cuajados 60 días | 57 | 3,54 | 0,84 | 0,00            |
| Frutos cuajados 90 días | 57 | 2,93 | 0,86 | 0,00            |

**Anexo 9.** Prueba de levene para la variable porcentaje de frutos cuajados en el cultivo de manzana (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna.

| F.V.         | gl | F       |         | p-valor |         |
|--------------|----|---------|---------|---------|---------|
|              |    | 60 días | 90 días | 60 días | 60 días |
| Tratamientos | 18 | 8,38    | 6,13    | 0,00    | 0,00    |
| Rep          | 2  | 0,4     | 0,42    | 0,68    | 0,66    |
| Error        | 36 |         |         |         |         |
| Total        | 56 |         |         |         |         |

**Anexo 10.** Fotos que detallan el trabajo de campo



**Imagen 1.** Huerto de manzana cv Anna



**Imagen 2.** Estado fenológico de las yemas



**Imagen 3.** Preparación de los tratamientos



**Imagen 4.** Aplicación de los defoliantes



**Imagen 5.** Toma de datos



**Imagen 6.** CuEDTA al 1.5 % (15 días de evaluación)



**Imagen 7.** CuEDTA al 1 % (15 días de evaluación)



**Imagen 8.** CuSO<sub>4</sub> 2% (15 días de evaluación)



**Imagen 9.** CuSO<sub>4</sub> al 1% (15 días de evaluación)





**Imagen 10. Dormex al 1.5%  
(15 días de evaluación)**



**Imagen 11. Dormex al 1%  
(15 días de evaluación)**



**Imagen 12. CuSO<sub>4</sub> al 3%  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 13. CuSO<sub>4</sub> al 2%  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 14. Dormex al 1%  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 15. Dormex al 1,5%  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 16. CuEDTA al 1 %  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 17. CuEDTA al 1,5  
%  
(30 días de evaluación)**



**Imagen 18. CuEDTA al 1 %  
(60 días de evaluación)**





**Imagen 19. Dormex al 1%  
(60 días de evaluación)**



**Imagen 20. Ethephon 800  
ppm  
(60 días de evaluación)**



**Imagen 21. Dormex al 1,5 %  
(90 días de evaluación)**



**Imagen 22. Ethephon 800  
ppm  
(90 días de evaluación)**



**Imagen 23. CuEDTA al 1,5  
%  
(90 días de evaluación)**



**Imagen 24. CuEDTA al 0,5  
%  
(90 días de evaluación)**